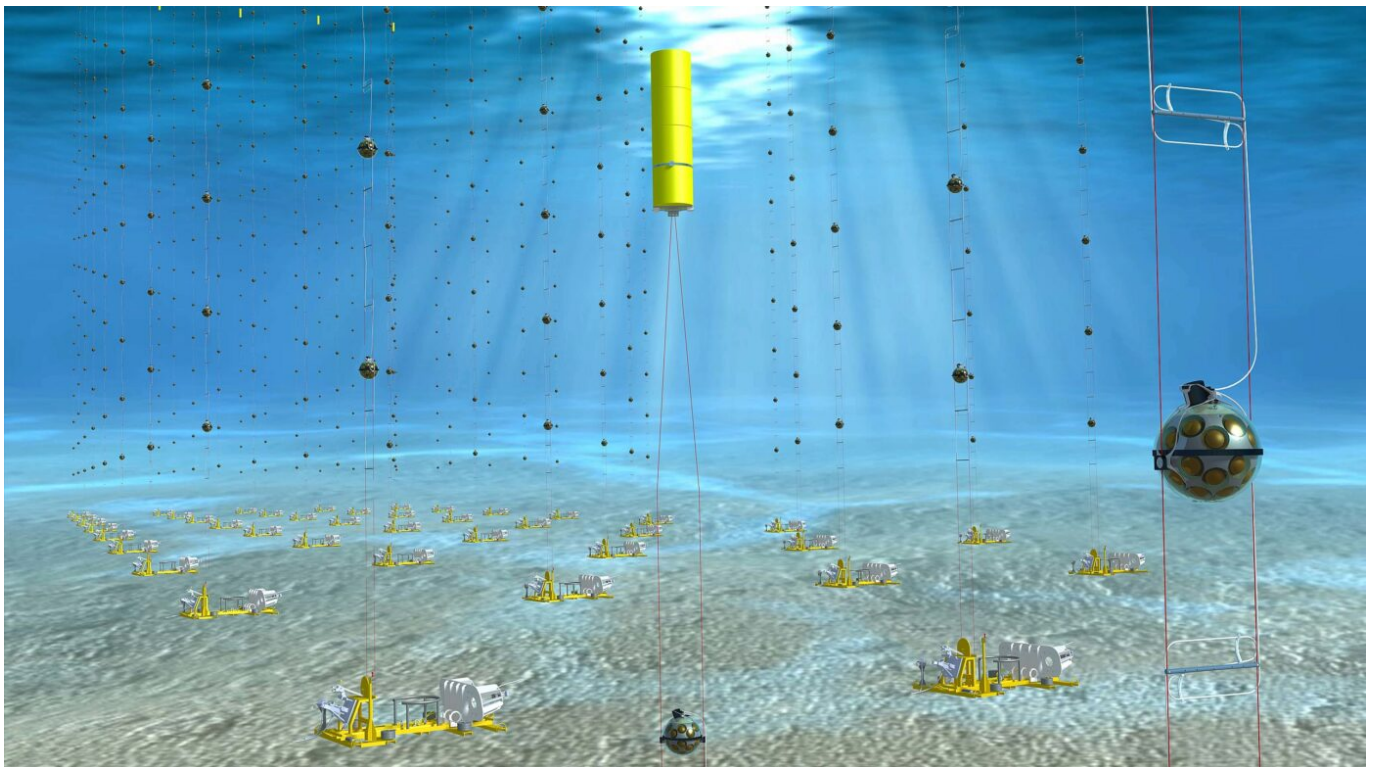


Neutrino met enorme energie gedetecteerd

Het KM3NeT-samenwerkingsverband kondigde deze week de detectie aan van een kosmisch neutrino met een recordenergie van ongeveer 220 miljoen miljard elektronvolt. Het deeltje werd gedetecteerd in de diepte van de Middellandse Zee.

Bron: persbericht Nikhef



KM3NeT. De onderzeese detector waarmee het ultra-energetische neutrino werd gemeten.

Afbeelding: Edward Berbee, Nikhef.

Een buitengewoon signaal, dat overeenkomt met een neutrino met een energie van zo'n 220 PeV - 220×10^{15} elektronvolt oftewel 220 miljoen miljard elektronvolt. Dat detecteerde de ARCA-detector van de 'cubic kilometre neutrino telescope' (KM3NeT) op 13 februari 2023 in de diepzee. Deze meting, genaamd KM3-230213A, is het meest energetische neutrino ooit geobserveerd. De meting levert het eerste bewijs dat neutrino's met zulke hoge energieën

geproduceerd worden in het heelal. Na langdurig en nauwgezet analyse- en interpretatiewerk van de experimentele data, wordt vandaag een artikel gepubliceerd in Nature. Daarin rapporteert de internationale wetenschappelijke KM3NeT-samenwerking over de details van deze fantastische ontdekking.

Het gedetecteerde signaal blijkt te komen van een enkel muon dat de hele detector heeft doorkruist, en daarbij signalen opwekte in meer dan een derde van de actieve sensoren. De helling van de afgelegde baan, gecombineerd met de enorme energie, biedt overtuigend bewijs dat het muon afkomstig was van een kosmisch neutrino dat interactie had in de omgeving van de detector.

“KM3NeT is begonnen met het onderzoeken van een energie- en gevoeligheidsbereik waar gedetecteerde neutrino’s mogelijk voortkomen uit extreme astrofysische verschijnselen. Deze eerste detectie ooit van een neutrino van honderden PeV’s opent een nieuw hoofdstuk in de neutrino-astronomie en een nieuw observationeel venster op het heelal”, zegt Paschal Coyle, KM3NeT-woordvoerder ten tijde van de detectie, en onderzoeker bij CNRS Centre National de la Recherche Scientifique – Centre de Physique des Particules de Marseille, Frankrijk.

Ultrahoge energie

Het hoogenergetische universum is het domein van extreme gebeurtenissen, zoals het ontstaan van superzware zwarte gaten in het centrum van sterrenstelsels, supernova-explosies en gammastraaluitbarstingen. Deze krachtige kosmische versnellers genereren deeltjesstromen die kosmische straling worden genoemd en die door het heelal reizen. Sommige kosmische stralen gaan rond de bron een wisselwerking aan met materie of fotonen, waarbij ze neutrino’s en fotonen produceren. Tijdens de reis van de meest energetische kosmische stralen door het heelal, kan het voorkomen dat enkele ook wisselwerken met fotonen van de kosmische achtergrondstraling. In dit geval produceren ze extreem energetische kosmogene neutrino’s.

Voor het nu gemeten ultrahoge-energieneutrino zijn er meerdere mogelijke herkomsten. Mogelijk is het neutrino direct afkomstig van een krachtige kosmische versneller. Maar het zou ook kunnen dat dit de eerste detectie is van een kosmogeen neutrino. Op basis van dit enkele neutrino is het echter moeilijk om conclusies te trekken over de oorsprong.

Toekomstige waarnemingen zullen zich richten op het detecteren van meer van dergelijke gebeurtenissen om een duidelijker beeld te krijgen. De voortdurende uitbreiding van KM3NeT met extra detectie-eenheden en het verzamelen van extra gegevens zal de gevoeligheid verbeteren en het vermogen om kosmische neutrino bronnen te lokaliseren vergroten. Dit zal een toonaangevende bijdrage leveren aan de zogeheten ‘multi-messenger astronomie’.

“Neutrino’s behoren tot de meest mysterieuze elementaire deeltjes. Ze hebben geen elektrische lading, bijna geen massa en hebben slechts een zwakke wisselwerking met materie. Het zijn speciale kosmische boodschappers die ons unieke informatie geven over de mechanismen die betrokken zijn bij de meest energetische verschijnselen, en ons in staat stellen om de verste uithoeken van het heelal te verkennen”, verklaart Rosa Coniglione, KM3NeT-vice-woordvoerder ten tijde van de detectie, en onderzoeker bij het INFN National Institute for Nuclear Physics, Italië.



Detectie-eenheden. De detectie-eenheden van KM3NeT, gefabriceerd op het Nikhef in Amsterdam. Foto: Marco Kraan, Nikhef.

Neutrino's detecteren met KM3NeT

Op fotonen na, zijn neutrino's de meest voorkomende deeltjes in het heelal. Toch zijn ze door hun zwakke wisselwerking met materie erg moeilijk te detecteren, en zijn er enorme detectoren voor nodig. De KM3NeT-neutrino telescoop die momenteel wordt gebouwd, is een gigantische diepzee-infrastructuur verdeeld over twee detectoren, ARCA en ORCA. In zijn uiteindelijke configuratie zal KM3NeT een volume van meer dan een kubieke kilometer innemen. KM3NeT gebruikt zeewater als interactiemedium voor neutrino's. De high-tech optische modules detecteren Cherenkovlicht: een blauwachtige gloed die wordt gegenereerd als ultra-relativistische deeltjes die worden geproduceerd in neutrino-interacties zich voortplanten door het water.

“De bepaling van de richting en de energie van dit neutrino vereiste een nauwkeurige kalibratie van de telescoop en geavanceerde algoritmen voor spoorreconstructie. Daarnaast is deze opmerkelijke detectie bereikt met slechts een tiende van de uiteindelijke detectorconfiguratie. Dit toont het grote potentieel aan van ons experiment voor het bestuderen van neutrino's en voor neutrinoastronomie”, zegt Aart Heijboer, KM3NeT Physics & Software Manager ten tijde van de detectie, Nikhef-onderzoeker en hoogleraar aan de Universiteit van Amsterdam.

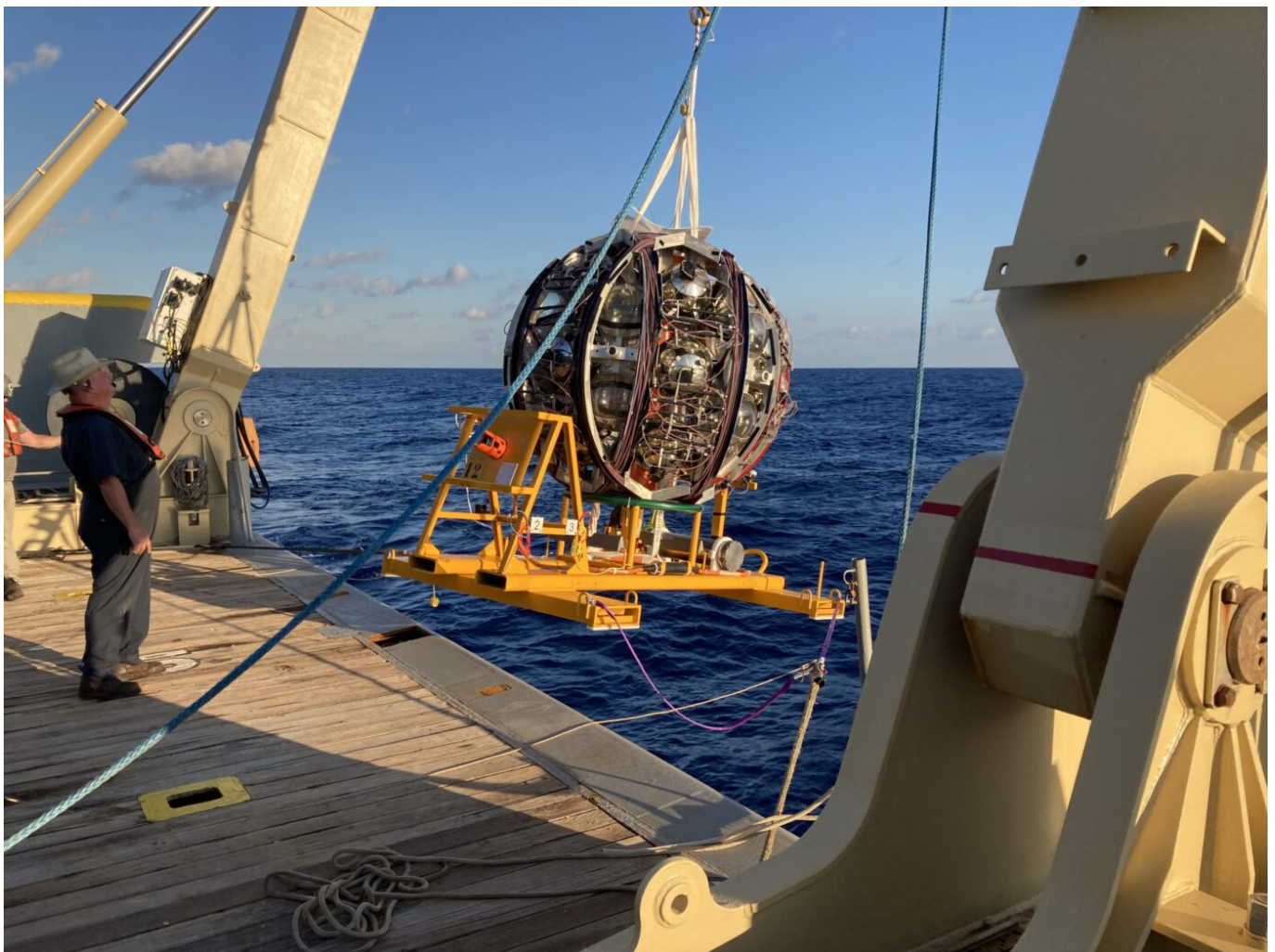
Nederlandse wetenschappers en technici

Nederlandse wetenschappers en technici zijn nauw betrokken bij deze bijzondere ontdekking. Vanuit Nederland zijn Nikhef, NWO-I, de Universiteit van Amsterdam, de Universiteit Leiden, NIOZ en TNO lid van de KM3NeT-samenwerking. De instituten hebben verschillende leiderschapsposities binnen de samenwerking, en werken mee aan het ontwerp, de bouw en plaatsing van de detector, system engineering, softwareontwikkeling en de uiteindelijke analyse van de data.

“Wat een zeer mooie observatie. Dit is veelbelovend voor de toekomst van dit onderzoeksveld. Ik kijk uit naar de komende jaren waarin KM3NeT uitgebreid wordt. Dat onze onderzoekers en technici bij zoveel onderdelen van deze onderzeese telescoop betrokken zijn, laat de kracht van het Nikhef-samenwerkingsverband zien waarin theorie, experiment en instrumentatie samenkomen”, zegt Jorgen D'Hondt, directeur van Nikhef.

Dorothea Samtleben, programmaleider van de Nikhef-neutrinogroep en verbonden aan de Universiteit Leiden, voegt eraan toe: “De uitstekende diverse expertise en jarenlange ervaring van de Nikhef-neutrinogroep vormen samen met de excellentie van de Nikhef-werkplaats een unieke, vruchtbare combinatie. Hierdoor kunnen we op veel verschillende gebieden - van detectorbouw tot complexe reconstructie-algoritmes - een belangrijke bijdrage leveren aan de KM3NeT-samenwerking en ook inspiratie bieden aan veel jonge onderzoekers, ingenieurs en technici.”

“Het bouwen van een neutrino telescoop op de bodem van de Middellandse Zee kan alleen door nauwe internationale samenwerking. Je hebt de grensverleggende kennis van veel verschillende experts nodig, die samen bouwen aan een gedeelde visie. Ik ben enorm trots op ons consortium en het vandaag gepubliceerde resultaat”, zegt Paul de Jong, KM3NeT-woordvoerder, vice-programmaleider van de Nikhef-neutrinogroep en hoogleraar aan de Universiteit van Amsterdam.



Constructie van de detector.Een van de KM3NeT-detectie-eenheden wordt te water gelaten in de Middellandse Zee. Foto: Edward Berbee, Nikhef.

De KM3NeT-detectoren

De KM3NeT/ARCA-detector (Astroparticle Research with Cosmics in the Abyss) is voornamelijk gericht op het bestuderen van neutrino's met de hoogste energieën en hun bronnen in het heelal. De detector bevindt zich op 3.450m diepte, ongeveer 80km van de kust van Portopalo di Capo Passero, Sicilië. De 700m hoge detectie-eenheden (DU's) zijn verankerd op de zeebodem en staan ongeveer 100m uit elkaar. Elke DU is uitgerust met 18 Digital Optical Modules (DOM's) die elk 31 fotomultipliers (PMT's) bevatten. In zijn uiteindelijke configuratie zal ARCA 230 DU's omvatten. De verzamelde gegevens worden via een diepzeekabel doorgestuurd naar het station aan wal in het INFN Laboratori Nazionali del Sud.

De KM3NeT/ORCA-detector (Oscillation Research with Cosmics in the Abyss) is geoptimaliseerd om de fundamentele eigenschappen van het neutrino zelf te bestuderen. De detector bevindt zich op een diepte van 2.450m, ongeveer 40km van de kust van Toulon, Frankrijk. Het bestaat uit 115 DU's, elk 200m hoog en met een tussenafstand van 20m. De gegevens die door ORCA worden verzameld, worden naar het station aan wal in La Seyne Sur Mer gestuurd.

De [KM3NeT-samenwerking](#) brengt meer dan 360 wetenschappers, ingenieurs, technici en studenten van 68 instellingen uit 21 landen over de hele wereld samen, waaronder uit Nederland Nikhef, NWO-I, Universiteit van Amsterdam, Universiteit Leiden, NIOZ en TNO.